

本文引文格式:陈彩云,谢先进,李安琪,等. 正交实验设计优化及己多糖提取工艺[J].
右江民族医学院学报, 2025, 47(1): 65-70, 97.

【论著与临床报道】

正交实验设计优化及己多糖提取工艺

陈彩云¹, 谢先进², 李安琪¹, 檀圆圆², 丁浩², 方源孝¹, 李晨曦¹, 孙淑萍^{1,3}

1. 皖南医学院药学院, 安徽 芜湖 241002;
2. 皖南医学院研究生学院, 安徽 芜湖 241002;
3. 皖南医学院天然日化研究所, 安徽 芜湖 241002)

摘要: **目的** 探讨正交实验优化及己的多糖提取工艺。 **方法** 采用水提醇沉法提取及己多糖。多糖含量的测定采用苯酚-硫酸法, 利用单因素及正交实验优化及己多糖提取的料液比、温度、时间和次数, 以精密度、重复性、稳定性、加样回收率多个方法学实验, 验证多糖含量测定方法的可行性。通过单因素实验优化及己多糖的醇沉时间及醇沉浓度。 **结果** 优化出及己多糖的最佳水提工艺条件为: 提取料液比 1:30, 提取温度 100 °C, 提取 3 次, 提取时间 1.5 h。确定及己多糖的最优醇沉条件为 75% 乙醇浓度, 醇沉后静置 18 h。 **结论** 本研究提取工艺优化合理, 能最大程度提高及己多糖的提取率, 为进一步分离纯化及己多糖奠定基础。

关键词: 及己多糖; 水提醇沉; 单因素实验; 正交实验; 工艺优化

中图分类号: R343 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-5817(2025)01-0065-07

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2025.01.011

Optimization of *Chloranthus serratus* polysaccharides extraction technology by orthogonal experimental design

CHEN Caiyun¹, XIE Xianjin², LI Anqi¹, TAN Yuanyuan², DING Hao²,
FANG Yuanxiao¹, LI Chenxi¹, SUN Shuping^{1,3}

1. School of Pharmacy, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China;
2. Graduate School, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China;
3. Institute of Natural Daily Chemicals, Wannan Medical College, Wuhu 241002, Anhui, China)

Abstract: **Objective** To optimize the extraction technology of *Chloranthus serratus* (*C. serratus*) polysaccharides by orthogonal experimental design. **Methods** The polysaccharides of *C. serratus* were extracted by the method of water extraction and alcohol precipitation. The polysaccharides contents were determined by phenol-sulfuric acid method. The solid-liquid ratio, temperature, time, and number of extractions for the extraction of *C. serratus* polysaccharides were optimized through single-factor and orthogonal experiments. The feasibility of the polysaccharide content determination method was verified through precision, reproducibility, stability, and sample recovery rate experiments. The alcohol precipitation time and concentration for *C. serratus* were optimized through single-factor experiments. **Results** The optimum water extraction conditions of *C. serratus* polysaccharides were determined as follows: the solid-liquid ratio was 1:30, the extraction temperature was 100 °C, extracted for 3 times, the extraction time was 1.5 h. The optimal conditions for alcohol precipitation of *C. serratus* polysaccharides were determined to be a 75% ethanol concentration, followed by

基金项目: 安徽省教育厅重点教研项目(2023jyxm0655); 安徽省研究生创新创业实践项目(2022cxcsj181); 皖南医学院重点教研项目(2022jyxm06)

第一作者: 陈彩云, 在读硕士研究生, 研究方向: 新药新产品研发, E-mail: cy18303750127@163.com

通讯作者: 孙淑萍, 博士, 教授, 研究方向: 中药有效成分的提取和分离, E-mail: sun5587001@163.com

static precipitation for 18 hours. **Conclusion** The extraction process optimization in this study is reasonable and can maximize the extraction rate of *C. serratus* polysaccharides, laying a foundation for further isolation and purification of *C. serratus* polysaccharides.

Key words: *Chloranthus serratus* polysaccharides; water extraction and alcohol precipitation; single-factor experiments; orthogonal experiments; process optimization

及己 (*Chloranthus serratus*) 为金粟兰科 (*Chloranthaceae*) 金粟兰属的多年生草本植物, 常生长于广西、安徽、湖南及福建等地。《现代中药学词典》记载及己根部或全草能促进血液循环, 具有舒筋活络、消炎镇痛、治疗疮毒、骨折以及风湿等作用, 对类风湿性关节炎、关节痛和皮肤炎症等疾病均具有较好的疗效^[1]。研究表明及己具有明显的抗炎活性^[2]; 及己根醇提取物对完全弗氏佐剂诱导的大鼠关节炎具有明显抗炎作用^[3], 其水分离部位也有着良好的抗炎效果^[4]。常见的多糖主要有植物、动物以及微生物多糖, 主要存在于动植物体内和微生物细胞壁中^[5]。天然中草药中的多糖成分具有调节免疫^[6]、消炎止痛^[7]、减轻氧化损伤^[8]和预防肿瘤^[9]等多种生物活性。前期实验显示及己粗多糖在体内抗炎实验中能显著减轻角叉菜胶诱导的大鼠足趾肿胀以及脏器指数变化; 在体外抗炎实验中能有效减少脂多糖诱导的 RAW264.7 巨噬细胞的细胞形态变化, 减轻炎症带来的损伤。

目前对及己多糖提取工艺优化的研究较少, 本研究旨在利用单因素实验和正交实验筛选并优化及己多糖的提取工艺, 为进一步探索及己的抗炎功效成分提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料 干燥及己根(亳州药材市场, 产地: 中国云南), 及己被年四辉教授(皖南医学院)确定为真品; 无水葡萄糖(20220410, 上海展云化工有限公司); 浓硫酸(YD20220809, 天津市永大化学试剂有限公司)、无水乙醇(YD20220819, 天津市永大化学试剂有限公司)和苯酚(YD20220908, 天津市永大化学试剂有限公司); 纯化水等。

1.2 实验仪器 粉碎机(武义海纳电器有限公司); 分析天平(德国花潮高科控股集团有限公司); 真空干燥箱(上海合恒仪器设备有限公司); HH-4 数显恒温水浴锅(常州荣华仪器制造有限公司); SHB-III 循环水式多用真空泵(郑州予创仪器设备有限公司); UV-5100 型紫外可见分光光度计(郑州嘉谱仪器设备有限公司)等。

1.3 及己多糖的制备 将干燥的及己根放入粉碎机粉碎, 过 60 目药筛, 即得及己根粗粉。精密称取适量及己根粗粉置于圆底烧瓶中, 加入一定体积纯化水, 提前浸泡 0.5 h, 按规定时间在水浴锅中煮沸提取, 离心

抽滤, 继续加水提取并离心抽滤数次。将所得滤液减压浓缩至溶液体积的 1/3。将浓缩后的及己水提液定容至 100 mL, 再加入一定体积无水乙醇, 4 °C 静置一段时间, 恢复室温后进行抽滤, 即得及己多糖。

1.4 葡萄糖标准曲线的制作 精密称取少许无水葡萄糖粉末加入纯化水配制成 0.1 mg/mL 标准溶液, 分别向 8 支试管中量取 0.1~0.8 mL 上述溶液, 补充纯化水至 1 mL, 对照组直接加入 1 mL 纯化水。每组先分别加入 1 mL 现配制 5% 苯酚溶液, 震荡数秒, 再加入浓硫酸溶液 5 mL, 再次震荡, 常温下放置 0.5 h 后检测在 490 nm 波长下的 OD 值。由图 1 所知, 以葡萄糖浓度(mg/mL)为横坐标, OD 值为纵坐标作标准曲线, 得到曲线回归方程 $Y = 7.1476X + 0.0171$, 相关系数 $R^2 = 0.9980$, 吸光度线性关系良好。

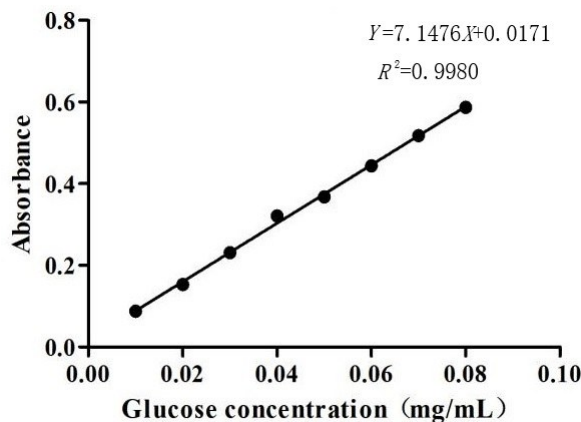


图 1 葡萄糖标准曲线 ($n = 6$)

1.5 水提后及己多糖提取率计算 将 1.3 项中浓缩后的及己水提液定容至 100 mL, 吸取 0.2 mL 再稀释至 10 mL。向试管中加入 1 mL 稀释液, 其余操作同 1.4 项, 通过回归方程求出相应的多糖浓度。多糖提取率(%) = 多糖浓度 $C \times$ 溶液体积 $V \times$ 稀释倍数 $n /$ 样品质量 $M \times 100\%$ 。

1.6 醇沉后及己多糖含量计算 精密称取 1.3 项中及己多糖 1 mg, 纯化水溶解, 再定容至 10 mL。向试管中加入 1 mL 溶解液, 其余操作同 1.4 项, 醇沉后干燥后及己多糖含量的计算公式为: 多糖含量 = 多糖浓度 \times 溶液体积 / 多糖质量 $\times 100\%$ 。

1.7 及己多糖水提工艺优化

1.7.1 及己多糖水提预实验 在圆底烧瓶中进行提

取,精密称取及己根粗粉 3 g,加入 75 mL 纯化水,提前浸泡 0.5 h,水浴锅设置为 100 ℃,煮沸提取 1 h,离心抽滤。继续加水提取 1 次,离心抽滤,将两次的滤液减压浓缩至溶液体积的 1/3,保存于 4 ℃ 冰箱内待用。

1.7.2 单因素实验考察 固定其他条件同 1.7.1 项,分别选取不同提取料液比(1:10 mL/g,1:15 mL/g,1:20 mL/g,1:25 mL/g,1:30 mL/g,1:40 mL/g),提取次数(1 次、2 次、3 次、4 次),提取温度(50 ℃、60 ℃、70 ℃、80 ℃、90 ℃、100 ℃)以及提取时间(0.5 h、1.0 h、1.5 h、2.0 h、2.5 h)进行提取,计算水提后及己多糖提取率,考察各单因素实验对多糖提取率的影响。

1.7.3 正交实验考察 在单因素实验的基础上,采用正交实验对及己多糖的水提过程进行研究。将提取温度(A)、提取料液比(B)、提取时间(C)以及提取次数(D)作为 4 个因素,以 $L_9(3^4)$ 表设计正交试验,其因素水平见表 1。

表 1 水提工艺正交实验设计水平

水平	因素			
	A	B	C	D
	提取温度/℃	料液比	提取时间/h	提取次数
1	80	1:25	1.0	1
2	90	1:30	1.5	2
3	100	1:35	2.0	3

1.8 及己多糖醇沉工艺优化

1.8.1 及己多糖醇沉预实验 按优化后的水提工艺获得及己多糖水提液,将浓缩的水提液定容至 100 mL,调配无水乙醇,使乙醇体积分数最终保持在 75%,醇沉静置 12 h,抽滤。

1.8.2 单因素实验考察 固定其余条件同 1.8.1 项,分别选取不同醇沉浓度(55%、65%、75%、85%)及醇沉静置时间(12 h、18 h、24 h、30 h)进行醇沉操作,计算醇沉后及己多糖含量,考察各个单因素对多糖含量的影响。

1.9 方法学考察

1.9.1 精密度实验 精密量取适量及己多糖水提液,按 1.5 项操作测定 OD 值,连续测定 6 次,计算 RSD 值。

1.9.2 重复性实验 精密量取适量及己多糖水提液,平均分 6 份,按 1.5 项操作测定 OD 值,计算 RSD 值。

1.9.3 稳定性实验 精密量取适量及己多糖水提液,按 1.5 项操作测定 OD 值,每 10 min 测定 1 次,共测定 12 次,计算 RSD 值。

1.9.4 加样回收率实验 精密量取 6 份相同多糖含量的及己多糖水提液,各加入一定含量的葡萄糖溶液,

按 1.5 项操作测定 OD 值,统计多糖回收率以及 RSD 值。

1.10 统计学方法 采用软件 SPSS 22.0 进行数据分析,方差分析进行样本均数间差异的评估, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各单因素对多糖提取率的影响

2.1.1 提取料液比对多糖提取率的影响 提取料液比不断上升,及己多糖提取率呈现出先升高后降低的明显变化趋势,当料液比为 1:30 时,提取率达到峰值,此后再提高料液比,提取率会有所下降,结果见图 2。这可能是由于随着提取料液比上升,水提液中其他杂质溶出变快,影响到多糖的溶出;且提取料液比过大时会延长提取液浓缩时间,进而增加了多糖在提取过程中的损失。基于此为提高多糖的提取效率,选用 1:25、1:30 以及 1:35 作为正交实验提取料液比的水平。

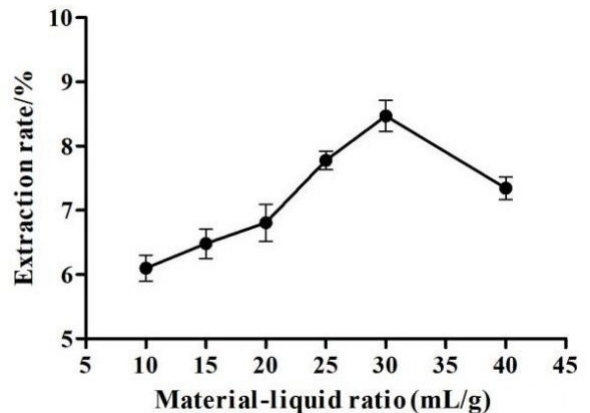


图 2 料液比对多糖提取率的影响 ($n=6$)

2.1.2 提取次数对多糖提取率的影响 随着提取次数不断的增加,多糖提取率逐步上升。当提取次数为 3 次时,提取率出现顶点,继续增加提取次数,提取率出现小幅度下降,结果见图 3。这可能是由于随着提取次数增多,水提液的量不断增大,导致水提液浓缩时间大幅延长,从而多糖出现降解。因此,选择 1 次、2 次、3 次作为正交实验提取次数的水平。

2.1.3 提取温度对多糖提取率的影响 随着提取温度不断上升,及己多糖提取率逐步增高。当温度达到 100 ℃ 时仍未出现下降,结果见图 4。这可能是由于温度升高有助于多糖分子的热运动,使其更易从植物细胞中溶出,且在当前实验条件下,100 ℃ 尚未对多糖结构造成破坏,所以提取率未下降,基于此,选择 80 ℃、90 ℃、100 ℃ 3 个水平的提取温度进行正交实验。

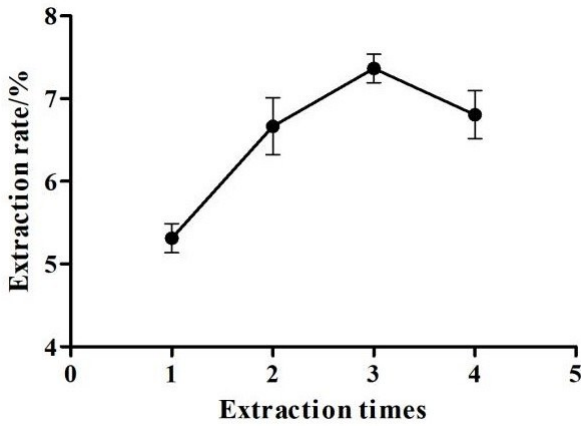


图 3 提取次数对多糖提取率的影响 (n=6)

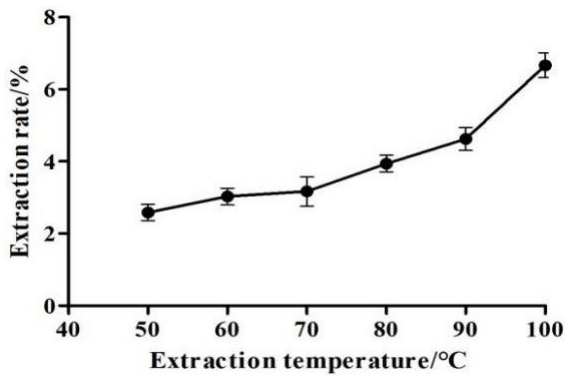


图 4 提取温度对多糖提取率的影响 (n=6)

2.1.4 提取时间对多糖提取率的影响 由图 5 可知,当提取时间不断增加,及己多糖提取率上升趋势明显,当时间到达 1.5 h 时,提取率出现顶点,再延长提取时间多糖提取率开始下降。这可能是因为提取时间的延长会使相关杂质阻碍多糖成分的溶出,并间接导致提取液的浓缩步骤受到影响,使多糖提取率大幅度降低。因此,选择 1.0 h、1.5 h、2.0 h 作为提取时间进行正交实验。

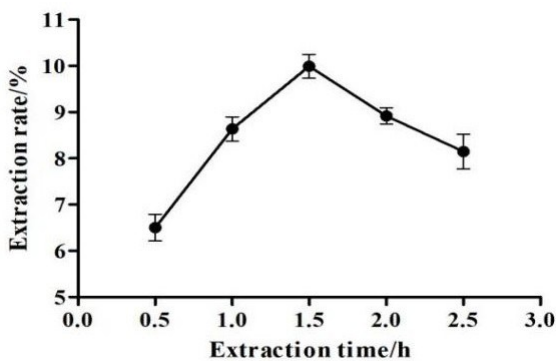


图 5 提取时间对多糖提取率的影响 (n=6)

2.2 正交实验结果分析 由表 2 可知,各单因素对多糖提取率有明显的影 响,其中可排序为 A>D>C>B,即提取温度>提取次数>提取时间>提取料液比,并

得出及己多糖的水提方案为 A3B2C3D3。根据 2.1 单因素考察的结果可知理论上的最佳水提条件为 A3B2C2D3,即提取料液比为 1:30,100 °C 提取 3 次,每次 1.5 h,提取时间与正交实验中的结果不相同。表 3 的方差分析表明提取温度对多糖提取率有显著性影响 (P<0.05),提取时间的影响并不明显,因此确定及己水提的最佳条件如下:提取料液比为 1:30,提取温度为 100 °C,提取次数为 3 次,提取时间为每次 1.5 h。按优化后的提取工艺进行操作,获得的多糖提取率为 12.30%,高于其他条件所得提取率。

表 2 正交实验结果 (n=6)

实验号	A	B	C	D	提取率/%
1	1	1	1	1	2.30
2	1	2	2	2	4.13
3	1	3	3	3	5.67
4	2	1	2	3	8.20
5	2	2	3	1	7.44
6	2	3	1	2	6.30
7	3	1	3	2	11.80
8	3	2	1	3	11.61
9	3	3	2	1	8.03
K ₁	12.10	22.30	20.21	17.77	
K ₂	21.94	23.18	20.36	22.23	
K ₃	31.44	20.00	24.91	25.48	
k ₁	4.033	7.433	6.737	5.923	
k ₂	7.313	7.727	6.787	7.410	
k ₃	10.480	6.667	8.303	8.493	
R	6.447	1.060	1.566	2.570	

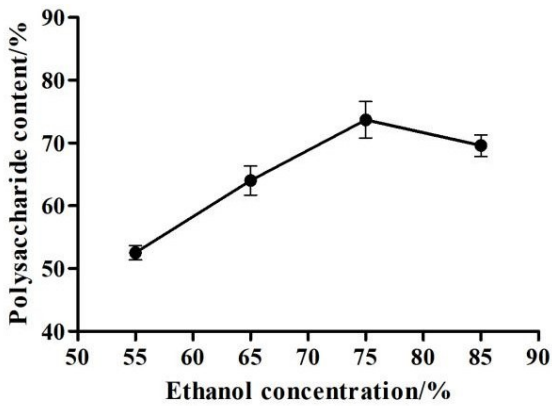
表 3 正交实验方差分析结果

方差来源	离均差平方和	自由度	均方	F 值	显著性
A	62.346	2	31.173	34.686	*
B	1.797	2	0.899	1.000	
C	4.757	2	2.379	2.647	
D	9.989	2	4.994	5.557	
误差	1.797	2			

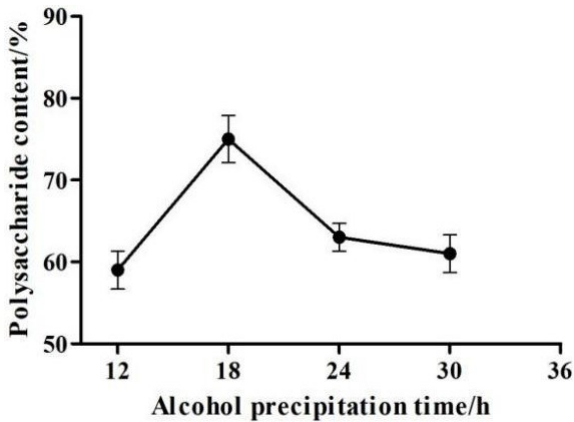
注:F_{0.01}(2,2)=99,F_{0.05}(2,2)=19,*代表 P<0.05。

2.3 及己多糖醇沉工艺优化结果

2.3.1 醇沉浓度对多糖含量的影响 如图 6 所示,当醇沉浓度达到 75%前多糖含量随浓度的升高而不断增大,在浓度为 75%时多糖含量出现顶点,达到 73.70%。当醇沉浓度继续升至为 85%时多糖含量出现减少。多糖醇沉过程中存在乙醇浓度临界值,当醇沉浓度较低时,多糖含量与之形成正相关;当浓度超过临界值后,多糖含量将不再上升。高浓度乙醇溶液甚至会导致其他杂质沉析并裹挟相关多糖,从而影响多糖含量。综合考虑乙醇溶液用量和多糖含量,选择 75%乙醇浓度作为最佳醇沉浓度。

图 6 醇沉浓度对多糖含量的影响 ($n=6$)

2.3.2 醇沉静置时间对多糖含量的影响 如图 7 所示,当醇沉静置时间达到 18 h 前,多糖含量呈直线上升趋势,在 18 h 时达到最高。当醇沉静置时间超过 18 h 后,随着醇沉静置时间的不断增加,多糖含量呈逐渐下降趋势。这可能是由于醇沉静置时间延长后,一些大分子颗粒出现相互作用,并裹挟多糖发生沉淀,导致多糖的含量降低。因此,选择 18 h 作为最佳醇沉静置时间。

图 7 醇沉静置时间对多糖含量的影响 ($n=6$)

2.4 方法学考察结果分析

2.4.1 精密度实验结果 由表 4 可知,对及己多糖水提液进行 6 次检测所得平均 OD 值为 0.348, RSD 值为 0.557%。这表明该实验方法精密度良好,能够满足定量分析的需求。

2.4.2 重复性实验结果 由表 5 可知,对 6 份及己多糖水提液进行检测后所得平均 OD 值为 0.327, RSD 值为 1.439%,表明该实验方法重复性好,能够满足定量分析的要求。

2.4.3 稳定性实验结果 由表 6 可知,对及己多糖水提液每 10 min 检测 6 次,连续检测 120 min,所得平均 OD 值为 0.353, RSD 值为 0.628%,表明溶液在 2 h 内显色性质稳定。

表 4 精密度实验结果 ($n=6$)

编号	OD 值
1	0.347
2	0.347
3	0.347
4	0.348
5	0.348
6	0.352
RSD/%	0.557

表 5 重复性实验结果 ($n=6$)

编号	OD 值
1	0.329
2	0.330
3	0.330
4	0.331
5	0.319
6	0.324
RSD/%	1.439

表 6 稳定性实验结果

时间/min	OD 值	RSD/%
0	0.358	
10	0.357	
20	0.353	
30	0.353	
40	0.354	
50	0.353	
60	0.351	0.628
70	0.352	
80	0.353	
90	0.350	
100	0.352	
110	0.352	
120	0.352	

2.4.4 加样回收率实验结果 由表 7 可知,相关多糖的平均回收率可达到 98.43%, RSD 值为 1.344%,表明该含量测定方法准确度较高。

表 7 加样回收率实验结果 ($n=6$)

编号	样品多糖/g	葡萄糖/g	实际量/g	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
1	0.218	0.50	0.702	96.80		
2	0.218	1.00	1.188	97.00		
3	0.218	1.50	1.696	98.53	98.43	1.344
4	0.218	2.00	2.223	100.25		
5	0.218	2.50	2.688	98.80		
6	0.218	3.00	3.194	99.20		

3 讨论

多糖的提取与纯化会影响多糖的结构和药理活性,因此优化多糖提取与纯化方法是探索多糖的前提^[10]。常见的多糖提取方法包含水提取法^[11]、碱提取法^[12]、超声提取法^[13]、酶提取法^[14]以及微波辅助提取法^[15]等。其中水提取法因提取工艺简单、生产成本低而受到广泛的使用^[16]。常用的多糖含量测定方法有蒽酮-硫酸法^[17]、苯酚-硫酸法^[18]、3,5-二硝基水杨酸法(DNS)^[19]以及色谱法^[20]等。苯酚-硫酸法由于操作简易、稳定性好、灵敏度高而被广泛采用^[21]。影响多糖提取工艺的因素主要有提取料液比^[22]、提取温度^[23]、提取时间^[24]以及提取次数^[25]等。本实验通过水提取法提取及己多糖,并以己多糖提取率为考察指标,通过单因素和正交实验各工艺参数优化以上 4 个因素的提取条件,结果显示在提取料液比为 1:30,100℃提取 3 次,每次 1.5 h 时该多糖提取率可达到 12.30%,该优化条件合理有效。精密度、重复性、稳定性和加样回收率实验等方法学考察进一步验证了该含量测定方法的可行性。影响多糖醇沉工艺的因素众多,主要有醇沉浓度^[26]以及醇沉静置时间^[27]两种,其中醇沉浓度的升高会加快多糖沉淀的形成,影响多糖的溶解,因此需要优化提取多糖的醇沉浓度^[28]。本实验以多糖含量为指标,利用单因素实验优化上述两种因素的最佳条件,结果表明该多糖的最佳醇沉条件为 75%乙醇浓度,醇沉静置 18 h。

综上所述,本实验优化了及己多糖的提取工艺,为进一步对及己抗炎活性成分的组成进行分析奠定基础,为及己多糖的质量控制以及多糖后续的分纯化提供了有力的参考依据。

参考文献:

[1] SUN S P, ZHANG J H, LI H X, et al. Anti-inflammatory activity of the water extract of *Chloranthus serratus* roots in LPS-stimulated RAW264. 7 cells mediated by the Nrf2/HO-1, MAPK and NF- κ B signaling pathways[J]. J Ethnopharmacol, 2021, 271: 113880.

[2] HU R K, YAN H, FEI X Y, et al. Modulation of glucose metabolism by a natural compound from *Chloranthus japonicus* via activation of AMP-activated protein kinase [J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 778.

[3] SUN S P, LI S L, DU Y Y, et al. Anti-inflammatory effects of the root, stem and leaf extracts of *Chloranthus serratus* on adjuvant-induced arthritis in rats[J]. Pharm Biol, 2020, 58(1): 528-537.

[4] SUN S P, DU Y Y, YIN C L, et al. Water-separated part of *Chloranthus serratus* alleviates lipopolysaccharide-induced RAW264. 7 cell injury mainly by regulating the

MAPK and Nrf2/HO-1 inflammatory pathways[J]. BMC Complement Altern Med, 2019, 19(1): 343-355.

[5] 李青青, 陈晨, 曹艳亭, 等. 红芽芋多糖提取工艺优化及其抗氧化活性的研究[J]. 江西农业大学学报, 2022, 44(5): 1272-1282.

[6] WANG N F, JIA G G, WANG X F, et al. Fractionation, structural characteristics and immunomodulatory activity of polysaccharide fractions from *Asparagus (Asparagus officinalis L.)* skin [J]. Carbohydr Polym, 2021, 256: 117514.

[7] WANG S Z, HE F, WU H M, et al. Health-promoting activities and associated mechanisms of polygonati rhizoma polysaccharides[J]. Molecules, 2023, 28(3): 1350.

[8] CHANG Y D, ZHANG J Z, JIN Y, et al. Effects of dietary supplementation of Chinese yam polysaccharide on carcass composition, meat quality, and antioxidant capacity in broilers[J]. Animals (Basel), 2023, 13(3): 503.

[9] LU Y F, CHEN Z X, LIN Q M, et al. Anti-colon cancer effects of *Spirulina* polysaccharide and its mechanism based on 3D models[J]. Int J Biol Macromol, 2023, 228: 559-569.

[10] 李容, 覃福礼, 吕佳窈, 等. 川木瓜多糖的提取及醇沉工艺研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4): 328-331.

[11] 杨军宣, 张毅, 吕珊珊, 等. 减压内部沸腾法提取黄精多糖的工艺[J]. 中成药, 2016, 38(2): 460-463.

[12] 宝力道, 朱景涛, 赵玉英. 4 种提取方法对广枣多糖含量及性质的影响[J]. 中成药, 2022, 44(5): 1596-1599.

[13] 温爱平, 杨来秀, 王玉华, 等. 紫花高乌头多糖提取工艺及抗氧化活性研究[J]. 中药材, 2016, 39(11): 2576-2578.

[14] 许彬, 陈平, 陈新. 酶法提取竹节参中多糖成分的工艺研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(13): 1549-1551.

[15] 史高峰, 李娜, 陈学福, 等. 微波辅助提取枸杞中总多糖的工艺研究[J]. 中成药, 2011, 33(3): 521-524.

[16] 刘蕾, 冯素香, 刘富岗, 等. 泽兰多糖水提工艺的优化 [J]. 中成药, 2018, 40(12): 2763-2766.

[17] 谢心文, 门磊, 孙怡, 等. 蒽酮-硫酸法测定复方木鸡颗粒中粗多糖[J]. 中成药, 2019, 41(7): 1685-1687.

[18] 林好, 桂蜀华, 于兵兵, 等. 不同炮制工艺熟地黄多糖单糖分析及其对卵巢颗粒细胞的影响[J]. 中成药, 2019, 41(12): 2958-2963.

[19] 王法琴, 陆逸林, 毛春芹, 等. 3 种比色法测定五味子中多糖[J]. 中成药, 2015, 37(4): 814-818.

[20] 赵春霞, 余河水, 王春华, 等. 中药中糖类定性及定量研究进展[J]. 中成药, 2019, 41(9): 2184-2192.

[21] YUE F F, ZHANG J R, XU J X, et al. Effects of monosaccharide composition on quantitative analysis of total sugar content by phenol-sulfuric acid method[J]. Front Nutr, 2022, 9: 963318.

(下转第 97 页)

- years and over: results from the longitudinal aging study amsterdam[J]. *Gerontology*, 2021, 67(1): 69-77.
- [12] 中华医学会老年医学分会. 老年患者衰弱评估与干预中国专家共识[J]. *中华老年医学杂志*, 2017, 36(3): 251-256.
- [13] ABELLAN VAN KAN G, ROLLAND Y, BERGMAN H, et al. The I. A. N. A task force on frailty assessment of older people in clinical practice[J]. *J Nutr Health Aging*, 2008, 12(1): 29-37.
- [14] 李易, 张紫嫣, 邹炎铃, 等. 住院癌症患者口腔衰弱现状及影响因素分析[J]. *护理学杂志*, 2024, 39(3): 49-52.
- [15] ROLFSON D B, MAJUMDAR S R, TSUYUKI R T, et al. Validity and reliability of the Edmonton Frail Scale [J]. *Age Ageing*, 2006, 35(5): 526-529.
- [16] 杨柳, 鲍立华, 周全, 等. 中文版 Edmonton 虚弱评估量表的信效度研究[J]. *国际老年医学杂志*, 2016, 37(3): 135-137.
- [17] SCHUURMANS H, STEVERINK N, LINDENBERG S, et al. Old or frail: what tells us more? [J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2004, 59(9): M962-965.
- [18] 相玮. 格列宁根衰弱指标量表的信效度分析及应用[D]. 长春: 吉林大学, 2019.
- [19] GOBBENS R J, VAN ASSEN M A, LUIJKX K G, et al. The tilburg frailty indicator: psychometric properties[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2010, 11(5): 344-355.
- [20] 司华新, 金雅茹, 乔晓霞, 等. 中文版 Tilburg 衰弱量表在养老机构老年人中的信效度检验[J]. *中国老年学杂志*, 2018, 38(16): 4046-4049.
- [21] BARBOSA E M S, PEREIRA A G, MORI V, et al. Comparison between FRAIL scale and clinical frailty scale in predicting hospitalization in hemodialysis patients[J]. *J Nephrol*, 2023, 36(3): 687-693.
- [22] WANG J, HUANG L J, XU M C, et al. Study on the clinical implications of NLR and PLR for diagnosing frailty in maintenance hemodialysis patients and their correlations with patient prognosis[J]. *J Healthc Eng*, 2022, 2022: 1267200.
- [23] VAN ATTEVELD V A, VAN ANCUM J M, REIJNIERSE E M, et al. Erythrocyte sedimentation rate and albumin as markers of inflammation are associated with measures of sarcopenia: a cross-sectional study[J]. *BMC Geriatr*, 2019, 19(1): 233.
- [24] TOMATA Y, HOZAWA A, OHMORI-MATSUDA K, et al. Validation of the kihon checklist for predicting the risk of 1-year incident long-term care insurance certification: the ohsaki cohort 2006 study[J]. *Nihon Koshu Eisei Zasshi*, 2011, 58(1): 3-13.
- [25] TOMMEL J, EVERS AWM, VAN HAMERSVELT H W, et al. Predicting health-related quality of life in dialysis patients: factors related to negative outcome expectancies and social support[J]. *Patient Educ Couns*, 2021, 104(6): 1474-1480.
- [26] MAZOOCHI F, GOBBENS R J J, LOTFI M S, et al. Diagnostic accuracy of the Tilburg Frailty Indicator (TFI) for early frailty detection in elderly people in Iran[J]. *Arch Gerontol Geriatr*, 2020, 91: 104187.
- [27] TIAN X, QIAO X, DONG L, et al. Cross-cultural adaptation and psychometric properties of the groningen frailty indicator (GFI) among Chinese community-dwelling older adults[J]. *Geriatr Nurs*, 2020, 41(3): 236-241.
- [28] XIANG W, CHENG Y, LI Z, et al. Cross-cultural adaptation and validation of the groningen frailty indicator in chinese nursing home residents[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2020, 32(6): 1035-1042.
- [29] 杨逸辉, 廖力, 邓祺丹. FRAIL 量表和 Tilburg 衰弱量表在社区老年糖尿病患者衰弱评估中的应用比较[J]. *中西医结合护理: 中英文*, 2020, 6(1): 1-4.
- [30] 韩君, 王君俏, 谢博钦, 等. Fried 衰弱表型和 FRAIL 量表及埃德蒙顿衰弱评估量表在社区高龄老年人衰弱筛查中一致性和适用性的比较研究[J]. *中国全科医学*, 2021, 24(21): 2669-2675.

收稿日期: 2024-08-30; 修回日期: 2024-10-12

(本文编辑 钟琳)

(上接第 70 页)

- [22] SU W W, WU L L, LIANG Q C, et al. Extraction optimization, structural characterization, and anti-hepatoma activity of acidic polysaccharides from *Scutellaria barbata* D. Don[J]. *Front Pharmacol*, 2022, 13: 827782.
- [23] SONG L J, LIU S Q, ZHANG L, et al. Polysaccharides from *Nitraria retusa* fruit: extraction, purification, structural characterization, and antioxidant activities[J]. *Molecules*, 2023, 28(3): 1266.
- [24] CHEN S Q, ZHANG H X, YANG L, et al. Optimization of ultrasonic-assisted extraction conditions for bioactive components and antioxidant activity of *Poria cocos* (schw.) wolf by an RSM-ANN-GA hybrid approach [J]. *Foods*, 2023, 12(3): 619-633.
- [25] 刘东彦, 张莉霞, 石晓峰, 等. 雪松松针中莽草酸和多糖的提取工艺研究[J]. *中药材*, 2017, 40(8): 1914-1916.
- [26] 张璐琪, 刘苏伟, 王飞, 等. 地黄多糖超声提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. *中成药*, 2018, 40(12): 2662-2667.
- [27] 谢苗. 灵芝多糖的提取分离、结构表征及抗氧化活性研究[D]. 聊城: 聊城大学, 2021.
- [28] 刘苗, 于筛成, 张虹, 等. 中药醇沉工艺及设备浅析[J]. *中成药*, 2007, 29(8): 1202-1204.

收稿日期: 2024-10-22; 修回日期: 2024-12-16

(本文编辑 覃洪含)